军事研究

第一次鸦片战争时期中英双方火炮的技术比较

刘鸿亮

[**摘要**] 第一次鸦片战争时期，中英两军的火炮主要都是 17世纪以来欧洲普遍采用的前装滑膛炮，其内装火药都是黑火药，这种基本的技术原理决定了中英火炮从质的意义上讲，还属于同一技术时代的产品。但是，因工业革命发生与否的影响，此时的英军火炮从数量意义上讲，在其设计思想、炮身材质、铸造工艺、弹药质量、火炮射程、舰炮品质、火炮机动性、射击精度和射速等技术关键之处优于清军火炮。这些技术关键之处，显现了中英双方火炮技术的巨大差距。

[**关键词**] 第一次鸦片战争　红夷大炮　技术　射程

[**中图分类号**] K253　[**文献标识码**] A　[**文章编号**] 1002 - 8587（2006） - 03 - 0031 - 12

Performance Differences of Chinese and British Cannons during the First Opium War

During the First Opium War, there were no substantive differences between the firing rate, range, precision, of Chinese and British muzzle - loader and smooth - bore cannons. However, the British army's theory of artillery, material used to make the cannons, quality of their ammunition, casting technology, carronade's performance, mobility and firing rate of its canons, were superior to Chinese army. Meanwhile, the quantity, quality, tactics, and organization of the Qing army, as well as its intelligence, training, and quality of the commanding officers were inferior to British army. These factors influenced the effective kill rate of Chinese and British cannons, magnified the limited gap between two countries' artillery, and created enormous differences in fighting capacity between the two armies.

发生在 1840年 7月 ～1842年 8月期间的中英第一次鸦片战争，是中国历史的转折点和近代史的开端，而在英国史书里边，除非比较详细或专门性的著作，是很少提及的。可以认为，此时期的中英双方船炮性能的问题是谈论其它一切问题不可回避的前提。时人在奏章或私家著述中，谈到英军“船坚炮利”的共计 66人。[①]有学者认为：当时清军所使用的主要武器是冷兵器或早期时代的弓、火绳枪、剑和矛，根本无法与西方侵略军相抗衡。[②]也有学者认为：“清朝的大炮虽不及西方 68磅级炮之威力，但对于彼之中小型火炮至少可以不相上下。”[③]笔者认为，中国在战争前后，一则因是封建的生产方式，二则在本应达到的制作工艺水平上，由于受落后的社会制度内部种种因素的制约，存在着一些问题。两方面因素的综合作用，最终使清军自铸的火炮在炮身设计、铸造材质、工艺、弹药、炮架等技术关键之处

[**收稿日期**] 2005 - 11 - 01

[**作者简介**] （1970 - ），男，北京科技大学科学技术与文明研究中心（又名冶金与材料史研究所）2004级博士研究生；北京 100083

普遍存在着加工粗糙、费工费时、质量粗劣的问题，这些技术关键之处，显现了中英双方火炮技术与性能的巨大差距。

一、中英双方火炮的设计思想及种类方面

鸦片战争前后，清军火炮大多是以重量作为衡量其性能优劣的依据，这远远没有以炮身与口径比例搭配为主要性能参数科学合理。当然，“模数”的设计思想，部分火器制造者也将之视为标准来对待。即以口径的尺寸为基数，按一定比例倍数设计火炮的各个部分。此时，除中央统一制造以红夷炮型为主导的前装滑膛、以火绳点火的火炮外，沿海各省制造了大批火炮。如广东省自军兴以来，铸炮 1000余位，其中尤以佛山制造的生铁炮最具代表性。全国总计，数量不下 5500余位。炮重有数百斤至 3万余斤的，炮管有长至 4.44米的。这些火炮，虽名号众多，大多依红夷炮制式，设计和制造技术未有改进，不仅与同时期英国先进火炮不能相比，而且有些技术较明末清初亦有萎缩。不过，清军方面购买和仿制了大批夷炮。史载：“林则徐至去岁至粤……购西洋各国夷炮 200余位。”④ 1841年，浙江、江苏等地方的军政大员还组织人力仿制了一批铜炮，1842年 6月英军攻陷吴淞时，在一座军工厂里，“我们看到有 10门游击炮队所用的大炮，这些都是安装在手推车上。这种炮车颇似花园里用的大推车，前面有贮藏炮弹的匣子，把手之间有一个抽屉，里面装着火药和铲火药的小铲子。我们除了看到各种口径的铁炮之外，还发现了一些全新的 12磅弹铜炮，这些炮是按照放在旁边的嵌有王冠的 G·R·1826型大炮仿造的，式样完全相同，惟一的区别就是中国字代替了王冠。”⑤

现据《鸦片战争档案史料》所记，战争之际，清军火炮的大致分类，按照主导的类型分为：红夷炮、子母炮、抬炮三类；按照制造的国度和时间顺序分为：旧式火炮、新铸的火炮、购买的葡萄牙式或英国式加农炮、仿制的英国夷炮四类；按照长度和重量可分为：长管滑膛重炮和身管较短的轻型滑膛炮。前者就是明末清初的红夷炮原型。后者包括神威将军、神功将军、劈山炮、子母炮、奇炮、竹炮、九节炮等，这种炮品种最多，其中除子母炮和奇炮是后膛装填弹药的佛郎机炮型外，其余属于红夷炮的发展型。

1857年恩格斯著的《炮兵》里云：“在拿破仑垮台后的和平时期内，欧洲列强的炮兵都逐步进行了改革。各地都取消了 3磅和 4磅轻炮，大多数国家采用了英国炮兵的经过改进的炮架和弹药箱。几乎到处都规定装药的重量为炮弹重量的 1/3，火炮的重量为炮弹重量的 150倍或接近 150倍；火炮的长度则为口径的 16-18倍。”⑥战争之时，英军火炮的口径从几英寸到十余英寸，前装滑膛，以引信和燧石击发器击发，少量的火炮采用了雷汞底火，以撞针击发。炮身重量从几百斤、几千斤直至万余斤。火炮的种类经过多次调整改革，从类型上讲，可分为：1、长管加农炮。特点是管身长，初速高，射角一般为 5～45度，需要 4～6人操作发射。有 3磅、6磅、12磅、24磅和 32磅等不同的型号。当时，由于制造火炮材料的限制，长身管火炮的炮管壁较薄，很少用来发射空心爆炸弹。2、榴弹炮。17世纪末在欧洲出现，固定在炮架上，以 12度到 30度的射角使用爆炸弹进行射击，其炮弹首先是用来起侵彻作用，其次是用来起爆炸作用。是一种炮管较短（比长炮短而轻，比迫击炮长）、口径较大（很少超过 8英寸）、带有直径小于炮管的药室、装在两轮炮车上的野炮，它的主要用途是安放在武装小艇与炮击艇上作对地攻击用。迄至 19世纪的英国，此类火炮成了皇家炮兵的标准装备，有 24磅、12磅、9磅、6磅等几个不同口径。3、臼炮。它最早是 16世纪末由苏格兰的凯龙铁工厂制造的，它是一种比榴弹炮更短（身管长约为口径的 2～3倍）、口径很大达 13英寸、15英寸或更大一些、带有一个直径更小的火药燃烧室、有时可以取下的滑膛前装炮。固定在托架上，通常以 20度以上的射角，有时甚至以 60度的射角使用爆炸弹进行射击。爆炸弹可以起爆炸作用，也可以当作燃烧弹使用。⑦ 4、舰载火炮。可以又分为主炮、舷炮和艇载炮三种；从火炮种类上说，也可以分为长管加农炮、榴弹炮、臼炮和舰炮

四种。前三种火炮与之前介绍过的同名陆军火炮大体相同，而舰炮则是专门为战舰而制造的一种火炮，陆军不会使用，它有一个显著的特点是尾部有一个圆孔，以便绳索穿过这个圆孔，将火炮固定在甲板上。

二、中英双方火炮的材质方面

火炮所用钢铁或铜的质量，主要表现在对冶炼材料的选择和冶炼方法的研究方面。中国从唐代到明代，是古代钢铁技术全面发展和定型的时期，以“生铁冶炼——生铁炒炼熟铁——生、熟铁合炼成钢”为主干的钢铁工业体系趋于定型。明代以来，中国火炮铸造材料，小者多用铜，大者多用铸铁。明代中叶到第一次鸦片战争之时，中国传统钢铁技术继续缓慢发展。但是，因为没有发生工业革命，手工生产的能力非机器生产所能相比，故其钢铁产量极低。到 1840年前后，年产铁约 2万吨，仅是英国的 1/40。[8]二是火炮大多由液态的生铁铸造，此必然导致火炮质地脆硬，演放时很容易炸裂，自伤炮手。清军对之处理方法主要采用以下四策：一是加厚火炮管壁，使火炮增加了重量。其结果是数千斤的笨重火炮威力反而不如西方的小型火炮。一是对于已经铸成气孔气泡较多、容易碎裂的火炮，清军则减少火药填量，这又减少了火炮的威力。一是使用铜作为铸炮的材料。一是铸造了一些双层或三层复合体结构火炮，使其不易炸裂。

战争前后，清军小范围开始用熟铁或黄铜锻造火炮，江苏候补知府黄冕对清军火炮材质评价到：“水陆战炮重笨，扛炮受子无多。宜改制以小受大之轻炮，方能利用也……今日欲反其弊，必须讲究炮制，使能以小胜大，其轻受重，以短及远，简便灵动，庶出一炮抵数炮之用……因又讲究小炮，可容大弹之法。不用铸造而用打造，不用生铁而用熟铁，方能使炮身薄而炮膛宽。缘生铁铸成，每多蜂窝涩体，不能光滑，难以铲磨，故弹子施放，不能迅利。至熟铁则不可铸，而但可打造。其打造之法，用铁条烧熔百炼，逐渐旋转成圆，每五斤熟铁，方能炼成一斤，坚钢光滑无比……炮愈轻，工愈精，力愈大。铁经百炼，永无铸造之炸裂。施用灵活，尤胜巨炮之笨重。”[9]

欧洲从“18世纪后期，由于木材资源短缺，锻铁费用上涨，形成了严重问题。为适应需要，就采取了所谓搅炼工艺，就是用长长的钢棒将反射炉中的金属溶液加以搅拌。炉子用焦碳燃烧，这样，不仅使炉面溶液，而且全炉的溶液都能接触空气，从而使脱碳更加彻底，成为可锻铸铁。用搅炼法生产的锻铁，质量不如炭铁，但价格便宜得多。1829年又前进了一步，即应用鼓风炉本身余气进行预热鼓风，这种发明使得在消耗同等燃料的情况下，搅炼熟铁产量增加到 3倍。还有一种改进是“湿”搅炼法，即在炉膛铺以含有氧化铁的小块炉渣，它与金属中的碳素相化合，在表层之下产生 CO，形成加速脱炭进程泡沸搅动。1806年英国铁产量为 25万吨，到 1850年英国每年可产 250万吨，铸铁和锻铁的产量都有增长。

自古以来，炼钢的方法几乎并无根本性改变，仍然是小规模的个体作坊产品。英国所用的基本材料是优质的价格相等的瑞典条形铁，结果钢的费用等于锻铁费用的 5倍。1750年，钟表匠本杰明·亨茨曼创造了一种新的炼钢方法。他将特种小型粘土坩埚放置在焦碳燃烧的炉膛内加高温，就有一种特殊的溶剂持续地生产铸钢。这种铸钢不含二氧化硅和其它矿渣，成本略低于以其它方法生产的钢材。但遗憾的是这种产品不能焊接，太硬，不合乎某些用途。不过这种技术终究成了谢非尔德钢铁企业的基础，在欧洲广为传播，被人仿效。此种方法效率很低，因此，到 18世纪末，即为发射炉炒炼法或称搅炼法所取代。1783年，一个炼铁厂的工头彼得·奥林斯在前人的基础上，在发射炉上加搅拌窗口，创造了用反射炉氧化精炼的搅拌炼铁法。1784年，英国海军部军需品的承包人工程师亨利·科特也有类似的发明，并大力推广应用。此法省力而使工效提高了 15倍，使炼铁技术又上一个新台阶。

18世纪以来，各国都大规模扩建海军，因为铁的成本只及铜的 1/5，所以铁炮逐渐替代了青铜炮，成为各国战舰的标准装备。不过，欧洲包括英国在内的炼钢法，直到 19世纪中叶再无显著改进，加上钢材本身的缺陷，制造重型军械时使用这种钢材继续受到限制。

因此，直到 19世纪中叶以前，除了海军重炮外，青铜炮和黄铜炮始终以优势压倒了铸铁炮。”[10]

三、中英双方火炮的铸造工艺方面

战争时期，清军造炮工艺并不十分落后，且有英军所没有的铁模铸炮法和复合层结构的造炮工艺。清朝沿海及内陆的一些省份，旧式火炮、新造的火炮和仿制的夷炮，除少部分是用英军所没有的铁模铸炮法制成，大多仍是生铁和青铜冶铸而成。只是用液态的生铁或青铜铸造的火炮质量差，加工难，容易炸裂。锻造的熟铁炮或黄铜炮斤两少且比例小。而英军火炮主要由青铜炮、黄铜炮和铸铁炮组成，且大多数火炮可以用熟铁或黄铜锻造，尔后用车床刀具加工，精度提高不少。

鸦片战争之际，机械工程专家福建泉州人丁拱辰（1800 - 1875），参考西洋炮的构造，在广州铸成了性能良好的铁炮。于 1841年编成《演炮图说》，1842年《演炮图说》受到两广总督祁〓、靖逆将军奕山的重视。同年，清朝政府下令推广《演炮图说》所述方法。丁此时在阅读西洋炮学的基础上的铸炮之法，其实和明末以来中国原有的红夷大炮的泥范整体模铸法差不多：即以炮模口径为基数，用泥先制成外模和内模，用起吊装置将外模吊套于轴心合一的内模之外，两模之间的空隙，便是炮管的厚度。然后用青铜或钢铁溶液浇注其中，冷却后，除去内外模，最后再用各种配件加工成完整的火炮。此法铸造的火炮缺陷有：泥模在用炭火烘烤时，经常是外干内湿，浇铸时水分蒸成潮气，致使所铸火炮常有蜂窝状孔穴，发射时容易炸裂；功效非常之低；不能对炮膛进行深入的加工，致使炮弹射出后，弹道紊乱，降低了射击精度；大多数人并不懂得身管与口径比例、火门位置在火药燃烧中的实际意义，绝大多数火门开得太前、太大。在炮膛游隙方面，战争之时，火炮因“弹不圆正，口不直顺”，常只能采用内径的 1/10至 1/5为游隙，此水平连明末的水准均达不到。[11]

鉴于此，浙江嘉兴县丞龚振麟痛感中国泥模整体铸造法的不切实用和烦琐，而立志改革。于 1841年发明了早于欧洲 30多年的铁模铸炮法，铁模可多次使用，不用清洗炮膛，消除了泥模铸炮多蜂窝易炸膛的缺陷，缩短了铸炮周期，降低了铸炮费用，并写成《铸炮铁模图说》，1842年被印发沿海各省参用。至 1841年 9月浙东之战前夕，已铸成 120多门新型火炮，时人称其为：“至去冬以来，浙江铸炮，益工益巧，光滑灵动，不下西洋。”[12]

欧洲火炮铸造从 16世纪以来一直采用泥范整体模铸法，在给实心火炮上钻孔的实践据说开始于 1713年，在英国伍利奇的皇家枪炮铸造厂，泥范整体模铸法一直延续到 1770年以后。大约在此以后，英国的铁器制造者威尔金森（1729 - 1808）开发出一种改进了的给火炮钻膛的机器。随后，1794年英国机械师莫兹利（1771 - 1831）发明了车床上的移动刀架，1797年制成了安放在铁底座上带有移动刀架的车床。19世纪 20至 30年代，英国发明了全金属车床、自动调节车床、牛头刨床等一系列工作母机，到 19世纪 40年代时，达到了用工作母机制造机械的领先水平。如在制造火炮方面，利用车床先将火炮铸成实心圆柱金属铸件，然后用一种配用超长钻头的大型钻床钻出一个孔，接着到锤床上将这个孔逐步锤削成型，加工成火炮。此法可使炮身较模铸法更加均匀、对称、光洁，各种尺寸比例和火门的设计较合理，射击精确度高。既提高了铸炮的精度，又节省工时，坚实耐用。[13]

战争前后，英军火炮铸造除了传统的泥模整体模铸法、失蜡法外，已开始大规模采用车床切削铸造法。《海国图志》对英军火炮工艺称赞云：“西人铸炮，其铁皆经百炼熔净。先用蜡制成一炮，丝毫无异，次用泥封密阴干。铸时用火烘模开孔，泄出蜡油，然后将铁灌入，四五日后，始开模取出置于荒野人迹不到处。将炮实满火药，用长心引火绳一点，各人尽远避藏迹，一经炮响腾越空中，跌落不坏以不炸裂为度，便无后患。其铸法合度，多以引门上长方形为表，或安头上或尾后，或头尾皆安，亦合度数。”[14]在炮膛游隙方面，19世纪中叶，欧洲因机械制造精密度的提高，火炮所用的游隙值更减少到内径的 1/42，如此，只要

装填较少的火药就可达到较高的速度，且同时提高发射的准确性，再者，由于用药量的减少，管壁即使变薄亦不致于膛炸，连带也使得火炮的机动性大增。[15]

四、中英双方火炮的炮弹方面

清军炮子主要由工部在京办理，然后再拨给各省。有时也改由地方就近制造。其材质除用铅子外，主要用生铁，用泥型铸造，以两个半圆坯模合铸而成，故必留合范的线痕，且由于冶铸技术关系，往往有较多的气眼。故丁拱辰于 1841年对此进行了改进，他改用失蜡法浇铸，铸得的炮弹光圆无痕。但是，当时清军火炮有一严重缺点：炮身庞大，炮口极小，炮弹较轻。炮弹一般重则 3—10余斤左右，大者也不过 16、17斤，最大炮弹也有如西方的 68磅炮弹和大于此的炮弹，不过比例不大。今人在镇江湍山关江防炮台，出土有此时的四种类型的球形铁铸实心弹，最大约合 80英磅（注：1英磅 =0.907市斤），无疑说明了清军当时曾使用万斤以上的巨炮轰击英舰。[16] 1843年英参战军官宾汉出版著作《英军在华作战记》中云：虎门之战，“旧炮台上架着 12门大炮，其中 4门乃是两年以前从澳门当局买来的葡式的，可放 68磅炮弹的黄铜炮。其余的是中国式的，其中有大量的金属成分，口径很大。”清军炮弹由于太小，故在战争中常有“碰回”之说。此时，琦善、林则徐都曾向清廷言及英军炮弹有重达二三十多斤的炮弹。英军最大炮弹重达 68磅，琦善到达广州后，英军曾经发射这种类型的炮弹，报复向插有白旗的英方船只射击的虎门炮台，这种炮弹被送交广州当局官员们参观时，他们见弹形之大，无不为之“嘿呦”。[17]

蜂窝弹。它又叫封门子和群子，1门炮通常配封门子 1个，群子 12个。群子、封门子的大小要和炮膛口径密切配合，过大则药力被闭塞，易于引起炮身炸裂。过小则药力泄气，炮弹射出无力。《海国图志》“用炮弹法”条中云：“凡炮口配弹子，以九折为率。如口径六寸，配弹径五寸四分。口径二寸，配弹径一寸八分，余可仿此。试弹之法用铜板，或纸皮规一孔周围符之，便知圆否。又当光滑，腰间一线，宜敲平贴，先用薄棉裹之，次用木红布包缝，周密送入炮腹。大弹入后，加群弹一包十二个，每个就炮口之径二折。如口六寸，每弹径一寸二分，口二寸每弹径四分，余皆仿此。群弹已入，再用旧麻绳解散扎成圆球，与炮口紧合，再舂入炮腹，使弹有力。自高击下，亦不碾出。[18]

链弹。1834年 12月，广东水师提督关天培云：“炮子则有封门子、群子、交杯子、担杆子之分。封门、群子用以击船打贼，担杆、交杯专用打桅，均宜添备各营师船。[19]至鸦片战争之际，清军大量用之对敌。《英军在华作战记》中，英军对虎门炮战中的清军链弹的描述：“他们的铁链锁弹特别优良，乃是一个空球，切成两半，用药 18寸的锁链盘在中空部分，使半球相连紧，因此当半球栓紧在一起，以便装进去时，就像一个炮弹一样，这里还发现了大量大型大炮用的石弹。[20]

爆炸弹。道光二十一年（1841）二月二十六日钦差大臣裕谦奏报：“逆夷大肆猖獗，虎门被失，直逼省城……（清军）之所用空心飞弹，系因炮身较薄，膛口过大，装药多则虞炸裂，装药少则实心铁弹不能致远。若改用小弹，则弹子与膛口不合，施放不准。是以将铁弹挖空，实以火药，以配合膛口之大小受药之重轻。我中土本有此法，现在福建省因新炮膛口过大，即用此弹，浙江军需局亦有之，不足为奇各缘由，明白通饬沿海地方文武官兵，以破其惑而壮其胆。[21]时人张集馨记载当时的厦门之战，“文武员弁制造大小炮数十尊，安放城上。余看城外居民铺户，聚居鳞次，即有警而炮亦难施，排列多尊，饰观而已。又造炸弹、铁蒺藜等物，尤属无用。铁蒺藜所以限马足，逆夷使舟而不使马。闽省一线石道，若埋蒺藜，则必先去石，断无如此办法。炸弹不过一二里，亦不能及其船只；且炸弹有炸有不炸，或掷出而终不炸，或甫然而即炸，分寸时刻最难定准。[22]不过，在战争的全过程中，中国火炮多以球形实心铁弹为主，故魏源在《筹海篇》中说，英人的一切概不足惧，我都有切实的办法对付它，“然有一宜防者则曰飞炮，非谓悬桅上之号炮，而谓仰空堕弹之炸炮

也。我之炮台虽坚，而彼以飞炮注攻，炸裂四出，迸射数丈，我将士往往扰乱……宝山则以飞炮而众溃，由之观之，夷之长技曰飞炮。”[23]

英军的球型实心炮弹，分普通的熟铁弹和灼热的实心弹两种。熟铁弹用蜡模铸就，浑圆如地球。特点是射程较远，穿透力一般。小口径炮用的都是这种炮弹，大口径炮也配有一定比例的实心炮弹。这些炮弹气动性不好，出膛之后会在空中翻滚颠簸，弹道偏差很大。而且当时西方战舰是用硬度和弹性都非常优秀的橡木制造的，厚达 10厘米，在较远的距离，圆形的炮弹不足以穿透这种橡木船身。灼热的实心弹，始用于美国独立战争时期，“这种炮弹极易燃烧，命中目标也比较精确，与过去效果没有把握的漂浮式火攻船和火攻筏相比，确是一项很大的改进。[24]恩格斯在成书于 1858年的著作《燃烧弹》中云：“一个铸造的金属球被加热后就具有纵火能力，在加热的炮弹与火药之间放置浸湿的毡垫，就能够发射这样的抛射物而不会让它过早地引燃火药。”[25]

链弹和杠弹。恩格斯《炮兵》著作中云：“大约在 1600年……还有一项重要的发明，即链式霰弹和普通霰弹的发明。”[26]道光二十二年十月初一日靖逆将军弈山等奏：“查夷人所用大炮子多用空心，亦有空心者，今仿照制造，庶几模大质轻，可期攻坚致远。又将空心炮子，分作两半，炼成熟铁，中系铁链，约长尺许，用时将铁链收入空心，仍旧折合，无异寻常炮子。一经轰击出口，则两半飞舞，形如蝴蝶，击中夷船桅索，即行钩挂焚烧，名为蝴蝶炮子。”[27]

霰弹，分为普通的霰弹和改良的葡萄弹两种。17世纪以来，欧洲出现了将子弹或金属碎片装入一个铁皮桶内制成的霰弹，里面装填数十颗铅弹，铁皮桶出膛即分解，于是数十颗铅弹向前以扇面飞行，用于杀伤集合的人马。今美人杜普伊云：葡萄弹“是 18世纪晚期和 19世纪初期主要用以杀伤人员的炮弹。把小铁珠用布、网状织品或木匣子包装在一起，用炮射击出去，就是葡萄弹。用这种炮弹杀伤开阔地形上行进的步兵，往往产生灾难性后果，其主要缺点是射程近，对利用起伏地形之敌，杀伤效果不大。”[28]英参战军官伯纳德对发生在 1841年 1月 7日的大角、沙角之战云：“复仇神号适时赶来，从两门基准炮倾泻出一连串葡萄弹和霰弹，接着它成为这次最残酷战争的实况的见证。”[29]

开花弹，分内装黑火药的开花弹、装有定时引线的榴霰弹和内装纵火药剂的燃烧弹。15世纪下半叶，欧洲出现了球形爆炸弹，这是一种在重炮和臼炮上使用的一种内装黑火药的空心铁弹，是当时炮弹中最大的一种。内装定时引线的榴霰弹，又分圆形和尖头筒形两种。圆形“榴霰弹”1784年英国皇家海军的亨利·施雷普内尔中尉发明，又以他名字命名为“谢尔弹”。今美人云：“把弹珠（通常小于葡萄弹的铁珠，常用铅而不用铁制造）安装在炮弹内，装上定时引信，使其在敌步兵上空飞行时爆炸。这样就克服了上述葡萄弹的两个缺点：炮弹在引信引爆之前已飞行相当距离，而在开阔地上的部队无法躲避空中爆炸后飞溅下来的弹丸……但是这种以他的发明者姓氏命名的新弹药，有它严重的固有缺点，如很难让引信在准确的瞬时引爆；就是引信工作性能完好，也只有高度熟练的炮手，综合考虑距离、方向、敌上空爆炸高度等诸元以后才能进行射击。所以榴霰弹尽管成效卓著，在 19世纪使用尚不普遍。”[30]中国人此亦认识，道光二十三年七月二十七日道光皇帝的上谕中云：“空心炮子炸裂飞击一条。亦恐无裨实用，缘炮子既出炮口，空中炸开，飞击何处，并无定准。即如英夷善于飞炮，其所用炸炮亦多有不能炸击者。”[31]

今人有云：“在 19世纪，火炮发射的圆形炸弹发展成为尖形炮弹，这就像早期的能够爆炸的弹刃，仅有的真正发明是引信，它已变成一个前端有尖头的木制塞子，里面填满火药，用锤子敲进弹丸，在炮弹发射时由爆炸的气浪点燃。”[32]今人撰的著作中，刊载有鸦片战争时期英军使用过的球形开花炮弹图片。[33]今福建林则徐纪念馆陈列有第一次鸦片战争时期英国舰炮之没有爆炸的飞弹空壳（尖头筒形）。[34]

内装纵火剂的燃烧弹，欧洲 15世纪发明，恩格斯云：“燃烧弹——装满易燃剂的炮弹，它在燃烧的时候，火焰通过三四个孔射出来，

很难把它扑灭。用臼炮、榴弹炮和加农炮发射这种炮弹就像发射普通爆炸弹一样，它们的燃烧时间为 8分钟至 10分钟。这种药剂或者用火熔化，在炽热的时候注入炮弹，或者用液体润滑脂把它做成浓密的物体，然后装入炮弹。燃炮弹的弹孔用软木塞或木塞堵住，装满了易燃剂的中心管通过这些塞子进入炮弹内部……燃烧弹主要是在进行炮击的时候使用，有时用来轰击舰船，虽然在后一种情况下，燃烧弹几乎完全被炽热的实心弹代替了，因为这种炽热的实心弹制造比较容易，能进行比较精确的射击，燃烧的作用也大得多。”[35]道光二十一年十月初六日靖逆将军奕山奏：“夷人炸炮落地，始行轰裂四击，毒火满地，即使牌可护身，不能前进。夷人闯至，徒手亦不能杀贼”。[36]

1826年，英军开始采用爆炸弹，1839年英国开始装备改良过的桶型尖头开花弹，圆锥型的前部穿甲性能大大提高，反过来又促进了铁甲船的诞生。但 20、30年代并未普遍受到青睐，因为这种炮在远距离射击时其准确性远不如实心弹炮。所以，直到 30年代，英法海军的舰炮大约只有 40%～60%属于爆炸弹。[37]战争之时，以上的新式燃烧弹、葡萄弹和爆炸弹，就是英人“炮利”的秘密之所在。在战争中，当尚未深入了解敌方炮弹的构造原理的时候，所能直接感受到的就是他们用来的炮弹的威力。

五、中英双方火药的质量方面

鸦片战争前后，中英黑色有烟火药处于同一发展阶段。但是，清军制造的火药，以手工作坊或工场生产为主，无法提纯硝和硫，亦无其它先进的工艺设备进行粉碎和拌和，只靠石碾等工艺，硝、硫、炭比例中含硝量过高，容易发潮，难以久贮，爆炸效力低。战争之际，清军火药（黑火药）比例配比有了进一步的改进，基本上达到英军的水准。福建水师提督陈阶平、福建监生丁拱辰对西洋火药制作之法颇有研究，他们配置的火药，尽管还是手工操作的方法，但是由于对原料选炼的严格，硝、硫、炭的组配比率比较得当，所制火药可以与英军火药相匹敌。

在火药的配比方面，道光二十年九月十四日陈阶平奏：“奴才督造加工火药，于六月初二日竣工。初四日有英夷兵船闯入厦门。初五日，官兵即以新药轰击。该夷不防内地火药如此猛利，猝遭创毙多命，立时惊窜。嗣准督臣咨知厦门新药得力，现饬省局续拨硝两万斤、磺三千斤，委解前来。接手赶紧配置，连新陈火药有两万余斤，仍形短绌。现在咨催督抚添购硝磺，多贮火药，为有备无患。奴才愚昧识浅，图报念切。伏思沿海防夷，处处加工制造火药，多铸万斤火药，自可击沉夷船，重用火攻，歼灭逆夷，以除后患。谨将加工造药、续提硝斤各条进呈御览。可否仰乞天恩，敕下各直省，一体照式制造。俾使英夷丧胆，不敢再来窥伺。”[38]九月十四日道光皇帝谕令：“陈阶平奏加工制造火药，并将煮炼硝斤各条开单呈览。福建制造火药，现经该提督督造加工，轰击颇为得力。著各直省一体照单如式制造，以资利用。”[39]这里，陈所配置的火药比率是牙硝 8斤，磺粉 1斤 2两，炭粉 1斤 6两，三者的比率大致是：76（128）∶10.7（18）∶13.3（22）。

在火炮的装药量方面，清军规定每百斤炮重配火药四两。《海国图志》中云：“凡中西大小炮位，自五百斤至五千斤止。每百斤用营制火药四两，而炮弹用薄棉先裹，外加红布包缝周密……如夷炮四千斤，乃四千磅，实重三千斤，用药七斤八两。中有身短而口大者，则加用十分子二亦无妨。惟演放时听声用药，临演之际，预用红布袋，每包二斤或三斤，可以写明，用时送入炮腹逐包椿实，用引门锥，用力插看，以实为度。”[40]

以上看出，清军已有性能不次于英军的火药，除福建省外，其它一些省份也曾制造使用。如道光二十一年五月二十三日署江苏巡抚程矞采奏报：“火药一项，臣在省严饬营员，照上年钦颁前任福建提督陈阶平所奏提硝舂炼各法，加工制出一万余斤，眼同点放。试之于手掌而掌不热，试之于纸而纸不燃，已解至上海局，妥为受贮。”[41]但由于清朝社会制度方面的弊端，致使清军在许多战争中仍然使用质量粗劣的火药与英军作战。如 1841年 1月 7日的大角、沙角之战，《英军在华作战记》中

云：中国“火药库是普通式的建筑之一，里面存着几千磅粗火药，装在木桶或泥罐中，我们全部投之于海。因为虽然中国火药的成分几乎和我们的相同，却是一种粗劣的东西。”[42]接着英军进犯虎门、广州，导致“逆夷炮无虚发，我炮虽发无准，火药半杂泥沙，轰击不能致远。”[43]

19世纪初英国的火药制造工业，已经居于世界各国的领先地位，火药生产如提纯、粉碎、拌和、压制、烘干等工艺已进入近代工厂的机械化生产阶段。其主要特点是：采用物理和化学方法，以先进的工业设备，提炼纯度的硝和硫；以蒸汽机带动转鼓式装置，进行药料的粉碎和药料的混合拌和；用水压式机械，将配置的火药放在碾磨上，压成坚固而均匀的颗粒，使火药具有一定的几何形状和密实性；使用机械式造粒缸，将火药块成大小均匀的火药粒；对制成的粒状火药，放在烘干室内，用蒸汽加热器烘干，使之保持良好待发的干燥状态；用石墨制成的摩光机，将药粒的表面磨光，除去气孔，降低吸湿性，以延长火药的贮藏期。这些先进的工艺，保证了英军火药的优良品质。[44]

在火药的配比方面，英国化学家歇夫列里在1825年经过多次实验后，提出了黑色火药的最佳化学反应方程式：$2KNO_3 + 3C + S \rightarrow K_2S \downarrow + N_2 \uparrow + 3CO_2 \uparrow$。据此，在理论上，硝、硫、炭的组配比率以74.84%、11.84%、11.32%为最佳火药配方。英国按照这一方程式，配制了硝、硫、炭的比率为75%、10%、15%的枪用发射火药，以及组配比率为78%、8%、14%的炮用发射火药。在火炮装药量方面，恩格斯的《炮兵》著作里云：“现在，英国野战炮兵几乎完全由9磅炮组成，这种炮的长度为口径的17倍，重量按炮弹重1磅、炮重11/2英担计算，装药量是炮弹重量的1/3。”[45]

六、中英双方火炮的射程方面

火炮的射程可分最大射程和有效射程两种。战争之时，中英火炮分类众多，其弹药装填量、铅子大小不同，作战要达到的目的各异，发射时又分仰、平、倒三法，其射程自然差异悬殊。不过，此时的中英火炮一则都是17世纪以来欧洲普遍采用的重型前装滑膛炮，炮弹出膛，飞行路线摇摆不定，不易致远；二则当时炮身和炮弹的机械制造技术尚无规格化，与此后所用的后装线装炮相比，无论从形制上还是从制造工艺上都要简单得多。这种基本的技术原理决定了鸦片战争时期中英火炮的射程，不可能有决定性的进步和提高。

以虎门大炮为例，该炮台建设的关键时代是1835～1839年，由关天培主持。林则徐主粤之前，虎门炮台上就架有行商购买的洋炮，林主粤期间，曾向澳门葡萄牙当局订购了200余门铜制或铁制大炮。道光十五年二月二十二日关天培上折：“虎门海口……以沙角、大角两炮台为第一重门户，南山、镇远、横档三处炮台为第二重门户，大虎炮台为第三重门户，层层控制，本属得宜，因大角、沙角两炮台，中隔海面，一千数百丈，本在大洋之中，遥遥相望，现在山脚又涨有船涂，船只经由离台甚远，两边炮火均不能得力。惟镇远、横档两炮台，南北斜峙，南山炮台在镇远以东，形如品字，错综布置，中隔水面止三百余丈，形势犹紧联络，当饬署参将佘清等在横档试放大炮，炮子正及海面中泓，实为扼要……但五千斤以下炮位，炮子及远自一百余丈至二百、三百丈不等，力量尚薄，必须六千斤以上大炮，方能致远摧坚。”二十九日，关天培折：“本提都率同署参将佘清、署守备陈魁伦，亲勘得大角、沙角两炮台，系东西斜峙，丈量口宽一千一百一十三丈，潮水退定中泓，量深四丈二尺，两傍水深自三丈余至二丈三尺止，全系泥底，试演三千斤大炮，炮子仅及中流，强弩之末，无济于事，是第一重门户，炮火已不得力。”[46]

关天培的《筹海初集》，成书于1836年前后，是他写给清廷的奏章文集，是他镇守虎门各炮台的实战经验总结。故关在这里所说的第一层门户中3000斤大炮556丈（注：清代1尺=今公制32厘米，556余丈=今公制3.56华里）最大射程的方面的数据（此处很可能是夷炮），应该是非常可信的。关对第二重门户中所说的摧远致坚，可理解为有效射程。

据此以观，既然旧式 6000斤以下炮位最大射程为 300丈，那么 6000斤以上重炮的有效射程当为 300丈以上，因此，认定当时重型火炮的有效射程最大在 1000米以上，应该是没有疑问的。[47]

鉴于以上鸦片战争档案史料和分析，战争前夕，中国购买的重型夷炮的最大射程在 4华里之内，有效射程约为二三华里左右。而中国原有的旧式重型火炮的射程应小于这个数据。

清军新铸重炮的射程，以红夷炮为例。战争前后，清军在沿海、内陆各省铸造了大小不等的红夷炮型火炮，分 1000～8000斤乃至万斤以上等多种。道光二十一年五月二十二日江西巡抚钱宝琛奏：“奉两广总督饬令赶造土模三十具，现已遵式陆续先铸成三千斤铜炮二十尊，一体打磨光滑，造齐炮架。会同营员将炮运至空阔处所，于相距里许竖立两层皮靶，连日演试。每炮一位，用火药一百二十两加铅子一百八十两，响声俱属洪亮，其子透过皮靶仍行三里有余，堪以摧坚致远。”[48]十月十九日，钦差僧格林沁等奏报：“赴海口炮台，演放炮位……当选得长两丈余废船一只呈验。奴才等随令于海河距炮台六七里外上流安放，装载柴草，当将炮座对准船只，逐加演试。其过火出炮均及灵捷，远可抵船，甚或过之。”[49]《海国图志》中云：“世俗传闻之说，谓大炮响若霹雳，声震三百里，弹子可击三四十里，一遭轰击，山崩地裂，屋宇被击，坍塌平地，此皆未经演试之谈。殊不知炮响大小一样，极大者声震五十里，大小炮皆发里许……所以夷人交锋，如在一里之内，不甚开炮。必在相距五六十丈及八十丈之内，彼始开炮，十可中七八也。若至一里之远，弹子多坠，无力难准，虽可加高相补，究是无力。”“用炮远近疑释”条中又云：“向闻大炮击远二三十里，姑之不信，意者或有十里，其弹子弯者不计，直者想有六七里可用。”[50]

从上述几则档案史料看出，清军新铸的巨炮的最大射程可达 7～8华里。

战争之时，英军火炮仍然多属于 17世纪以来的加农炮系列型，其有效射程，今英国学者认为：欧洲风帆时代的火炮“从纳尔逊时代（注：生卒年 1758～1805，英国帆船时代最著名的海军将领）以来，火炮的有效射程和杀伤力都没有什么提高……就有效射程来说，前膛装滑膛炮对于 1英里（注：1英里 = 3.218市里）之外的目标，几乎没有杀伤力，也就是说其有效射程不超过 1英里。”[51]其最大射程，史料记载，1842年 8月 8日、10日、11日、12日，钦差大臣伊里布的家人张喜等人四次登上英国军舰，发现“其船之头尾，安设两大炮，俱系自来机关，封口炮子式如雷槌，底有小口，口用绵封贴，内包小子，类百颗，名为飞弹。据云：‘可打九里，并可攻城。’”[52]

鉴于此，战争时期，英军的重型火炮，其有效射程在 3华里左右，最大射程 9华里之内。看来英舰重型炮的射程不一定大于清军海岸重型炮的射程。道光二十一年二月十九日钦差大臣裕谦奏：“英逆所恃惟船与炮……至于数千斤之大炮，夷船虽能任载，而只可施于深水外洋，不能施于近岸之内洋。盖内洋水浅，近岸又必有明沙暗礁为之拦护，若放此数千斤之大炮，船必倒退，一经搁浅，船底着实，立刻震裂。故在内洋施放，亦止一二千斤及数百斤之炮，不过口门窄而后身宽，多受火药，且施放灵熟，较官炮略远一二里，然亦止及数里之内，实无远及十余里之事。”[53]

七、中英双方舰炮的品质方面

首先、清军水师的木质舰船小、易腐蚀、航速慢、笨拙、在航率低。战争之时，清军水师最大的船只是福建横洋梭船和广东米艇。横洋梭船长为 8.2丈（27.3米），宽为 2.6丈（8.7米）；广东米艇长 9.5丈（31.7米），宽 2.06丈（6.8米）。[54]船首一般没有保护装置，不能撞击；靠人力划桨并配以少量小型风帆航行，航速慢，经不起风浪颠簸。战船为双桅纵帆，尚未采用转舵装置，继续使用那种依靠 7～8人在甲板上大幅度用力转舵的方法。造船工艺落后，与英军军舰相比，战船虽小，但相当笨拙。船体容易腐朽，需要经常修缮，九年以后已基本上不能再用。

其次，清军战船，由于过于简陋，不能负载过重，一般只能配置数百斤至 1000斤重的

火炮，且装备大多还是旧式枪炮和各种传统的燃烧性火器。鸦片战争前，福建外海水师战船以同安梭船为主，最大的集字号配备重量不超过 2000斤的火炮 8门，炮位均安在舱面，炮手无所遮蔽，易受火力杀伤。广东外海水师有少量被称为“体势壮阔，安炮最多，俨若炮台”的红单船，其实长仅 10丈余，宽 2丈左右，只载官兵 80人，配备数百斤至 1000斤火炮 20～30门。另一种可勉强在外洋作战的大号米艇，每船设官兵 65名，配备近千斤至二三千斤火炮 12门，另有火箭、喷桶、火罐等火器。但这种米艇，全省只有 51艘，堪用者仅 2/3。中国战船因为质量低劣，几百斤至 1000多斤重的铁铸火炮，其射程只有 300多米。[55]道光二十年七月初六日闽浙总督邓廷桢云：“夷船以全条番木，用大铜钉合而成之，内外夹以横板，船旁船底包以铜片，其大者可安炮三层，而船身不虞震裂，其炮洞安于舱底，夷兵在舱内施放，藏身既固，运转迹灵。内地师船，广东名为‘米艇’，船身较大，福建名为‘同安梭船’，以集成字号为极大，然皆不敌夷船十分之五，向以杉板为之，惟桅舵木坚致，船之大者配炮不过八门，重不过二千余斤，若再加多，则船身吃重，恐其震损。且炮位安于舱面炮兵无所障蔽，易于吃亏。此向来造船部定则例如此，其病不尽在偷工减料，是所谓势不均而力不敌者，非兵之势不敌，而舰炮之力实不相敌也”。[56]

英军战舰高大、抗腐性强、抗沉性好。道光二十二年七月二十日，参赞大臣齐慎奏：“大夷船，长三十二丈五尺，头尾宽三丈，船身吃水一丈，出水一丈六尺，周身内外均用白铁包裹，惟底用铜包。船身内有三层，其留一层炮眼者，一面炮眼十八个，每眼安大小炮二尊，一船共安大小炮七十二尊。”[57]船体装有纵帆设备的高大船楼淘汰了，军舰降低了重心，航行更安全了。

其次，英舰机动性和航速远在清军水师之上。鸦片战争时，英国的战列舰全部依靠风帆。各种海船、军舰的舵柄已经用缆绳与装在后甲板上的舵轮连接起来，改变了过去那种靠人力在整个甲板宽的地方大幅度转舵的笨拙方法，从而提高了军舰的机动性，节省了舵手人数。船首部纵向三角帆和桅杆之间的支索帆比仅仅采用横帆航行起来更能吃风。横帆因增加了翼帆，使驱动力得到加强。有两桅或三桅，悬挂十余面帆，能利用各种风向航行。满帆时，一艘大型帆船可以挂起 36面帆，以 10节的航速破浪前进 (注：10节 =37.04华里)。[58] 19世纪 30年代出现的蒸气动力铁壳明轮船，已开始装备海军。如“复仇神号”战船，尽管吨位小，安炮少，在西方正式海战中难期得力，但因航速快、机动性强、吃水浅等特点，在中国沿海和内河横行肆虐。

再次，英军舰队以其强大的海军和火炮数，横行于中国东南沿海，决定了战争的时间、地点和规模。当时英国战舰大体上标准化为 6个“等级”。头 3个等级属于 3桅横帆大战舰：1级有 3层甲板，共配备 100或 100门以上火炮；2极也有 3层甲板，共配备约 90门炮；3级也就是作战舰队中的载重炮，有两层甲板，共配备 64至 74门炮；4级是按折衷方案建造的，配备有 50门炮 (两层甲板)，称为巡洋舰，有时也用在海军作战队列中。[59]参加鸦片战争的 3艘战列舰麦尔威厘号、威厘士厘号、伯兰汉号炮位数都是 74门。迄至 1840年 6月 22日，英军舰 16艘，载炮 540门。迄至 1842年英军进犯长江前夕和过程中，英军的增援使海军拥有军舰 25艘，载炮 668门，轮船 14艘，载炮 56门。[60]

八、中英双方火炮的机动性、射击精度和射速方面

战争之时，中国火炮的主要问题是侵彻力不够和命中精度不高。侵彻力不够主要是因为许多火药不好；命中精度不高，原因则比较复杂，主要是火炮缺乏可以灵活转动的炮架。[61]至于双方火炮的射击精度，英军已对弹道学作过初步研究，瞄准器具也已具备，使之射击精度大大提高。清军火炮射击，士兵大多凭经验。这使得双方火炮的命中率差距甚大。至于双方火炮的射速，它历来因程序复杂而发射缓慢，东西方皆然。[62]

以火炮的机动性而言，战争前后，清军对炮车、炮架不甚重视，许多火炮没有炮架，一

些炮架只能调整高低夹角而不能左右活转，限制了射击范围。道光二十二年十月一日，靖逆将军奕山等奏：“查从前旧式炮架笨滞坚涩，旋转不能如意，且系寻常杂木，木性松脆，一经炮发震动，榫缝开裂，既难取准，又不能再行施放。况从前所用炮位数百斤及一千斤上下者居多。”[63]当然，清军随后曾对炮架也做了一些改进。如丁拱辰于1840年设计了火炮的滑车、绞架和旋转活动炮架，它们在广东被用于陆上炮台和兵船。1841年龚振麟在镇海铸炮局督造火炮时，制成磨盘形枢机式炮架和四两炮车。

在火炮的射击精度方面，战争期间，清军一则以海岸巨炮对付海上舰炮，射击精度很差。二则明末以来的测量火炮发射角的铳规，士兵大多不会使用。三则使用这样的瞄准法，“旧法测视数端，有用锡片钻三空，安在炮尾上面窥之者。有用木板二片各开两空，前后悬葫芦者。有或悬垂珠，分安前后，二形相切，对线演放者。此二式谓之星斗，仅可以定偏正，而不可以定高低。惟有用竹管窥者，不拘定对靶，能知变通，上中下转移，斯可权用。”[64]《英军在华作战记》对虎门炮战中的清军火炮的描述：“我军发现这些炮台中的许多大炮都装有瞄准器，瞄准器是笔直的金属片，钻着三个孔眼，用以射不同的距离。炮口装药的填塞料也完全是模仿我们的而造的。”[65]当然，清军在战争后期，也在学习明末从西洋引进的铳规仪器（此时叫象限仪），试图提高火炮的射击精度。

此外，火炮的射速。清军火炮装填程序复杂，费时多，射速慢，如果第一发不中，则第二发已因敌舰远去而鞭长莫及。火炮每分钟可能达到1～2发，但炮管无法承受持续射击，隔一段时间就需休息以冷却，故每小时平均只可能发射8发，每天通常不超过100发，且铁炮在射击600发，铜炮约100发后，就已不太堪用。[66]战争之后的林则徐对此深有体会，他在1842年8月被谴戍伊犁行次兰州时，回忆中英双方火炮射速的差别：“彼之大炮，远及10里内外，若我炮不能及彼，彼炮先以及我，是器不良也。彼之放炮，若内地之放排枪，连声不断，我放一炮后，须辗转移时，再放一炮，是技不熟也。”[67]

英军火炮的机动性。战争之时，英军的火炮都使用了统一尺寸的旋转炮架，为了便于机动，炮身可在分解后吊离炮架，装入专用炮箱；炮架用车牵引，可以迅速转移，设置新的火炮阵地。1840年8月，大沽谈判，钦差琦善委派千总白含章登上英国军舰，发现英舰“舱中分设三层，逐层有炮百余位，又逐层居人，又各开有窗扇，平时藉以眺远，行军即为炮眼，其每层前后，又各设有大炮，约重七八千斤。炮位之下，设有石磨盘，中具机轴，只须转移磨盘，炮即随其所向。”[68]

就火炮的射击精度而言，18世纪中叶，英人在罗宾斯（1707－1751）和欧拉（1707－1783）等人的努力下，火炮射击精度发生了革命性的改变。战争之际，英军火炮的射击精度，据《海国图志》中云：“彼船在洋，进退活动，且娴习日久，熟知炮性，击八十丈以外，炮口加高，量高补坠。有量天尺插在炮口，以定远近。加高度数，折为尺寸以补坠数，兼炮架活动，上下四旁，多系滑车，轻快便捷，皆中国营兵所不习……其铸法合度，多以引门上长方形为表，或安头上或安尾后，或头尾皆安，亦合度数……演时或用千里镜，或就引门测试对靶，自一十丈至百丈左右，皆有逐处加高补坠高低转移。如击七八十丈及百丈，制一象限仪，插入炮口，如上段所述方法加高一度，至五十丈高八尺七寸四分，至百丈高一丈七尺四寸八分，攻击甚准。”[69]

以火炮的射速而言，战争之际的英军重型火炮，射速一般已达每两分钟3发，其程序包括装入火药包，放入炮弹、瞄准开炮、清理炮膛、再装入火药包、炮弹等。[70]1832年清地理学家萧令裕所著的《英吉利记》中记：其国“有大铳，能于两刻间连发40余次，恐涉于夸，然亦可见其概矣。”[71]

总之，由以上中英双方火炮技术诸方面的比较中看出，鸦片战争时期的英军火炮，技术关键之处的改良是无庸置疑的，同时由于西方军事思想的发展，以武器性能性质的更新变化为尺度的战争思想，迅速走向近代化、科学化。先进的武器和战争观念两方面的有机配合，将人和武器组合成一部精密的机器，因

此，英军在战争中屡战屡胜。反之，清军火炮虽不是一无是处，但和英军火炮相比，也并非无质的差别。两者本质的差别在于技术关键之处改良的成功与否，再加上迟迟未能走出中世纪战争战术观念，因此，清军在英军精良的武器和先进的战争战术观念面前，急切间难以找到制胜的法宝，因此，在多次战争中屡战屡败。

---

*本文撰写中，得到了导师孙淑云教授、李晓岑教授的悉心教诲与指导，在此表示衷心的感谢！

①王尔敏撰：《清季兵工业兴起》，台北中研院近代史研究所 1963年版，第 21页。

②㉝ 蓝永蔚等撰：《五千年的征战》，华东师范大学出版社 2001年版，第 179页。

③㊼㊷ 潘向明：《鸦片战争前的中西火炮技术比较研究》，《清史研究》，1993年第 3期。

④⑫⑰⑳㉓㊷㊾㉟㊼⑪齐思和等编：《鸦片战争》(册 6，页 111；册 5，页 554、1487、183、553、168、338、183；册 2，页 569；册 1，页 22)，神州国光社 1954年版。

⑤中国科学院上海历史研究所编：《鸦片战争末期英军在长江下游的侵略罪行》，上海人民出版社 1958年版，第 141页。

⑥⑦㉕㉖㉟㊺ 《马克思恩格斯全集》(卷 14)，人民出版社 1964年版，第 198 - 222页。

⑧郝侠君 等著：《中西 500年比较》，中国工人出版社 1996年版，第 254页。

⑨⑭⑱㊵㊿㊽㊾ 魏源 著：《海国图志》，长春时代出版社 2000年版，第 1244 - 1342页。

⑩㉔㉘㉚㊾ 杜普伊著：《武器和战争的演变》，军事科学出版社 1985年版，第 121 - 400页。

⑪⑮ 黄一农：《红夷大炮与明清战争》，《清华学报》(新竹)，1996年第 1期，第 31 - 70页。

⑬ 史仲文、胡晓林编：《世界全史》，中国国际广播出版社 1996年版，第 193页。

⑯ 戴志恭：《镇江湍山关江防炮台遗址与出土炮弹考述》，《中国历史博物馆馆刊》，1984年第 6期。

⑲㊻ 关天培撰：《筹海初集》，文海出版社，第 86 - 88、220 - 225页。

㉑㉗㉛㊱㊳㊴㊶㊸㊽㊾㊿㊻㊼㊽㊾ 中国第一历史档案馆编：《鸦片战争档案史料》(Ⅲ，页 244；Ⅵ，页 397；Ⅶ，页 259；Ⅳ，页 349；Ⅱ，页 464、465；Ⅲ，页 546、449、528；Ⅳ，页 385；Ⅲ，页 215；Ⅱ，页 196；Ⅵ，页 140、397；Ⅱ，页 290)，天津古籍出版社 1992年版。

㉒ 张集馨撰：《道咸宦海见闻录》，中华书局 1981年版，第 61页。

㉙ 转引费正清等著：《外国学者论鸦片战争与林则徐》，福建人民出版社 1991版，第 177页。

㉜ 熊作明编：《武器的历程》，国防大学出版社 2001年版，第 172、173页。

㉞ 施玉森编：《鸦片战争战迹述论》，东京雏忠会馆 1996版，第 72页。

㊲ 丁朝弼编著：《世界近代海战史》，海洋出版社 1994年版，第 170页。

㊹ 王兆春著：《中国火器史》，军事科学出版社 1991年版，第 291页。

㊶ [英] 理查德 ·希尔著：《铁甲舰时代的海上战争》，上海人民出版社 2005年版，第 54页。

㊹㊽㊿ 王宏斌：《清代前期海防：思想与制度》，社会科学文献出版社 2002年版，第 105 - 168页。

㊺ 张墨：《鸦片战争中的海战》，《历史教学》，1997年第 7期，第 36页。

㊿ [美] 马士 著：《中华帝国对外关系史》(卷 1)，上海书店出版社 2000年版，第 331页。

㊶ 吕小鲜：《第一次鸦片战争时期中英两军的武器和作战效能》，《历史档案》，1988年第 3期。

㊻ B. S. Hale: 《Weapons and Warfare in Renaissance Europe Baltimore》, The Johns Hopkins University Press, 1997, pp153～154.